

# Soft Computing을 이용한 지능형

## 자동 변속 시스템 개발

On Developing Intelligent Automatic Transmission System

Using Soft Computing

김성주\*, 김창훈\*, 김성현\*\*, 연정흠\*, 전홍태\*

\*중앙대학교 전자전기공학부

\*\*동원대학 전자과

Seong Joo Kim\*, Chang Hun Kim\*, Seong Hyun Kim\*\*

Jung Heun Yon\*, Hong Tae Jeon\*

\*School of Electrical and Electronics Eng., Chung-Ang Univ.

\*\*Dept. of Electronics, Tongwon College.

(ksj1212@ms.cau.ac.kr)

### ABSTRACT

This paper partially presents a Hierarchical neural network architecture for providing the intelligent control of complex Automatic Transmission(A/T) system which is usually nonlinear and hard to model mathematically. It consists of the module to apply or release an engine brake at the slope and that to judge the intention of the driver. The HNN architecture simplifies the structure of the overall system and is efficient for the learning time.

This paper describes how the sub-neural networks of each module have been constructed and will compare the result of the intelligent A/T control to that of the conventional shift pattern.

**Keywords** : fuzzy control, neural network, hierachical neural network, back propagation learning, automatic transmission control

### 1. 서론

자동변속기는 기계학적인 시스템 특성에 따라 미리 설정된 시프트 패턴에 의해 자동으로 업 시프트와 다운 시프트가 된다. 이러한 시프트 패턴을 자동변속선도(standard shift map)라고 하며 운전자의 스피드를 조작과 차속에 따라 변속이 결정된다. 하지만, 도로환경의 변화와 자동차 저항 변화, 다양한 운전자의 성향에 따른 모든 주행 상황들을 고려한 변속이라고는 할 수 없다. 최근에는 기존의 자동변속제어의 단점을 보완하여 복합적인 기능을 처리하고 불확실한 주행상황을 판단하여 쾌적한 주행을 제공할 수 있는 지능형 변속시스템이 개발되고 있다. 현재 개발된 지능형 변속시스템은 복잡한

시스템을 분석하거나 수학적으로 모델화가 어려운 분야에 널리 사용되고 있는 지능제어기법 중에서 퍼지논리제어기법이 사용되고 있다 [1][2]. 그러나, 모든 주행 상황에 대한 지식을 얻거나 퍼지 제어 규칙과 소속 함수를 결정하기가 쉽지 않다. 따라서 이러한 방식으로 얻은 지식에 의한 제어에는 한계가 있다.

병렬 분산 처리와 계산능력, 학습에 있어서 뛰어난 능력을 갖는 신경망[3][4]은 복잡한 비선형 시스템의 제어에 적합하다. 또한 학습에 사용되지 않은 입력에 대해서도 적당한 출력을 내는 일반성을 갖는다. 하지만 다양한 운전 성향과 도로상황에 따른 적절한 변속을 위해 고려되어야 할 조건이 많고 복잡한 자동변속제어에 신경망 제어의 경우 뉴런 수가 증가함에 따라 계산 로드 증가 및 학습 시간면에서 비효율적이

다. 본 논문은 신경망의 특성을 이용하면서 기존의 자동변속제어의 단점을 보완하여 지능형 변속제어가 가능한 계층적인 신경망(Hierarchical Neural Network; HNN) 구조를 제안한다.

## II. 본 론

### 2.1 신경망(Neural Network) 이론의 기본

인간의 뇌 구조를 모델화한 것으로 수많은 인공 뉴런들로 이루어져 있고, 각 뉴런들 사이는 연결 강도 또는 가중치에 의해 상호 연결되어 있으며 구조상 정적, 동적, 단층(single layer) 또는 다층(multiplayer)으로 분류된다. 다음은 정적 신경망으로 노드 사이가 모두 연결되어 있는 구조이다.(그림 1)

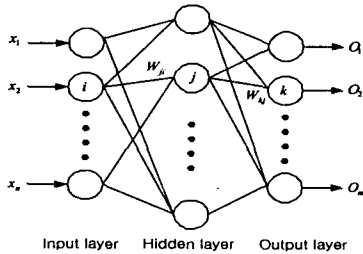


그림 1. 다층 신경망 모델

### 2.2 오차 역전파(Error Back-Propagation) 학습 알고리즘

역전파 학습 방법[5]은 가장 널리 이용되는 감독학습으로 동일한 입력  $x(k)$ 에 대해서 현재 연결강도에 의한 신경망 출력  $\hat{O}_m(k)$ 가 비선형 함수 출력  $O_m(k)$ 을 근사화하도록 한다. 이것은 에러  $e_m(k)$ 가 신경망에 대해 역전파되어 연결강도에 따른 에러 기울기가 계산되고 신경망의 파라미터가 조정된다(그림 2).

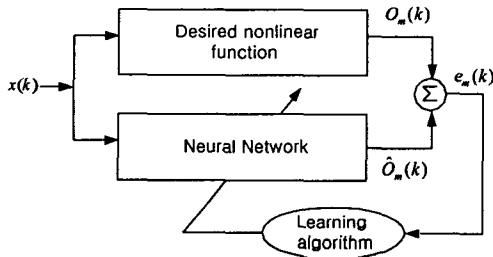


그림 2. 역전파 학습 모델

### 2.3 HNN 구조

신경망은 뛰어난 학습 능력 때문에 모델링, 제어 및 다른 많은 분야에서 광범위하게 사용되지만 아래와 같은 단점을 갖는다.

(1) 복잡한 시스템을 모델링하기 위해서는 신경망 구조가 커져야 한다. 그만큼 큰 신경망을 학습하는데 많은 시간과 계산량을 필요로 한다.

(2) 새롭게 얻은 지식은 전체 신경망을 다시 학습하도록 한다.

HNN 구조는 복잡한 시스템을 여러 개의 작은 부분으로 나눔으로써 전체 시스템 구조를 단순화시키고 정확도를 향상시킨다. 각각의 신경망은 각 계층에서 특정 입출력 데이터에 의해 학습이 이루어진다. 만약 학습해야 할 데이터가 바뀐다면 특정 부분의 신경망만 학습하면 된다.

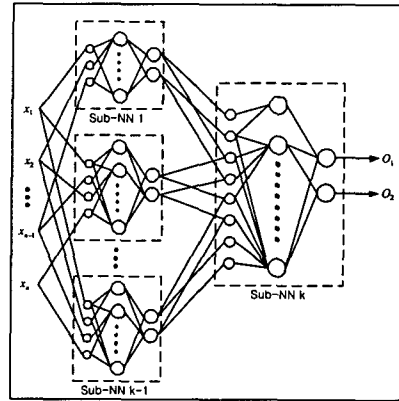


그림 3. Hierarchical Neural Network architecture

## III. 지능형 A/T 시스템

지능형 자동변속 시스템은 4개의 모듈로 구성되어 있다.

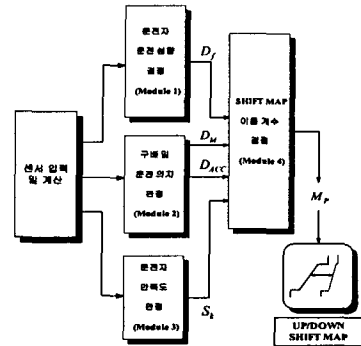


그림 4. 지능형 A/T 시스템 블록도

모듈 1과 모듈 2는 상기에서 제안한 HNN 구조로 형성되어 있다. 모듈 1은 운전자의 성향을 결정한다. 이 모듈은 운전자의 스티어링 조작 상태와 차량의 가속상태를 고려하여 판단된다. 차량의 가속정도는 현재의 차량 토크 대 가속 토크에 의해 결정된다. 모듈 2는 도로상황이 경사인지 평탄로 상황인지를 판단하여 엔진브레이크 적용여부를 결정한다. 입력으로 사용되는 구배저항은 경사여부를 결정하는데 중요한 변수이다. 하지만 경사가 있는 경우라도 운전자가 스티어링 조작을 하여 가속하는 경우 엔진브레이크를 거는 것은 적당하지 않다. 따라서 스티어링 조작도 고려해야 한다. 모듈 1과 모듈 2는 여러 개의 서브 신경망으로 구성되어 있고 각 신경망은 특정 상황을 판단할 수 있도록 그 상황

판단에 필요한 입력데이터와 그에 따른 미리 정의된 출력데이터에 의해 off-line으로 학습된다. 전방향 모델링 방식으로 학습이 끝난 후에는 적당한 추론을 할 수 있다. 모듈 3은 모듈 1과 모듈 2에 따른 현재의 변속단에 대한 운전자의 만족도를 고려하여 시프트맵 이동을 재조정할 수 있는 이동계수를 출력한다. 모듈 4는 운전자 성향과 도로상황, 운전자 만족도를 종합적으로 판단하여 시프트 이동계수를 최종적으로 결정한다.

3.1 운전자 성향 결정 모듈

운전자 운전성향 결정 모듈은 운전자의 조작의지와 차량상태를 고려하여 운전자 운전성향을 결정하도록 설계하였다.

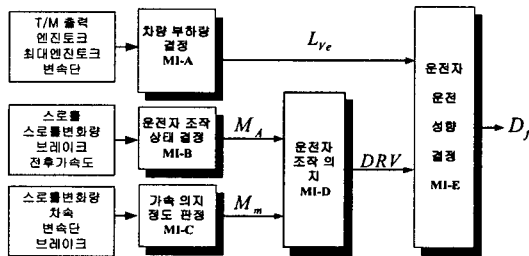


그림 5. 운전자 운전성향 결정 모듈

차량 상태는 주행중인 차량의 부하량을 고려함으로써 판단할 수 있도록 설정하였다. 운전자의 조작은 운전자의 성향을 나타내는 변수로 작용하고 있으며 본 모듈에서는 가속 의지를 구분할 수 있는 가속 의지 정도 모듈을 마련하여 운전자의 성향을 가속 의지 측면에서 고려할 수 있도록 구성하였다. 종합적으로 차량의 부하 상태와 주행 상태 그리고 운전자의 의지들을 바탕으로 운전자 운전 성향을 결정할 수 있는 복합 모듈을 구성하고 있다.

3.2 도로주행 상태 및 운전자 운전 의지 판정

본 모듈은 도로주행 상태와 운전자의 가감속의지를 고려하여 엔진브레이크가 동작하도록 변속패턴을 이동하기 위한 모듈이다. 전체 구성도는 그림 6과 같다.

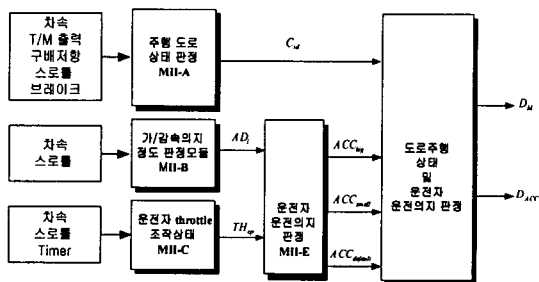


그림 6. 도로주행 상태 및 운전자 운전 의지 판정 블록도

주행 저항 중 경사를 의미하는 경사 저항과 실제 차량 운전자가 경사를 인식하였을 때 취하는 스스로스로 조작과 이후 가속도 및 속도 등을 고려하여 경사 상황에서의 운전자 의지에 대해 적절한 판정을 할 수 있도록 사전에 평지, 언덕, 비탈 등의 도로에서 다양한 성향의 운전자가 테스트를 실시하고 실제 주행 중에 획득한 센서값을 이용하여 학습된 신경망을 통해 주행 도로 상태를 판정한다.

3.3 경사 도로 주행시 운전자 반영에 대한 만족도 판정 모듈

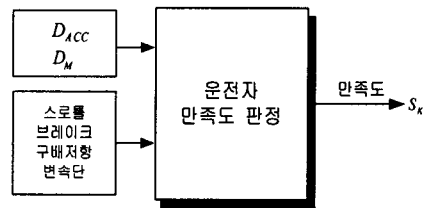


그림 7. 운전자 만족도 판정 모듈

모듈 1, 모듈 2에서 운전 성향과 도로 주행 상태를 고려하여 취한 조치에 대해서 운전자의 만족도를 판정하여 세부 보정을 하고자 설계한 모듈이다. 본 모듈은 운전 성향을 분석하고 조정하는 과정에 그치지 않고 자가 진단의 의미를 지닌 시프트맵 조정 이후의 운전자의 만족 정도를 학습하여 이후 판정 및 시프트맵 조정에 반영하고자 설계된 모듈이다.

만족도를 \$s\_k\$라고 한다면, 다음과 같은 보정식  $\delta = s_d - s_k$ 에 의하여 미세 조정값을 산출하여 이후 최종 시프트맵 조정시에 반영한다.

3.4 운전자 운전 성향 및 도로 주행 환경을 고려한 시프트맵 조정 계수 결정

본 모듈에서는 전 단계 세부 모듈의 출력을 이용하여 최종적으로 시프트맵 조정 계수를 결정하도록 학습된 모듈이다. 최적의 시프트맵 조정을 위해서는 어느 한 모듈의 결과를 선택적으로 적용하는 방법보다는 종합적이면서도 상호 보완적인 조정 계수를 선택하는 것이 바람직하다. 다음과 같은 수식으로 표현되는 최종 조정 계수를 이용하여 시프트맵을 최적의 주행 성능을 제공할 수 있도록 조정할 수 있다.

$$M_p = (D_{ACC} + \delta + D_f)D_M + D_f(1 - D_M)$$

여기서  $\delta = s_d - s_k$ 이고,  $D_f$ 는 평탄로 주행시 운전자의 운전 성향을 고려하고  $D_{ACC}$ 는 내리막 주행시 운전자의 가속의지,  $D_M$ 은 경사여부를 결정하는 변수이다. 위의 식에 의해 시프트맵 이동 계수의 적절한 값이 결정된다. 시프트맵의 이동은 그림 8과 같다.

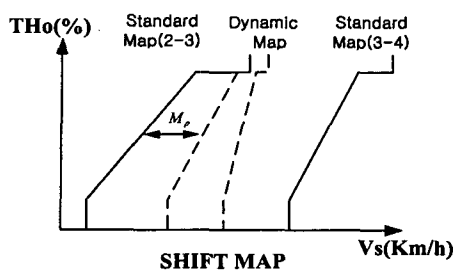


그림 8. 동적 시프트맵 이동도

IV. 시뮬레이션 결과

아래 두 결과는 동일한 환경에서 차속과 스톱들 개도에 대해서 자동변속선도에 의해 결정된 변속단을 보여주고 있다.

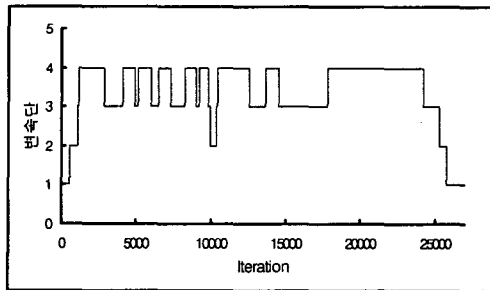


그림 9. 변속단(기존의 자동변속 시스템)

그림 9는 기존의 고정된 자동변속선도에 의해 결정된 변속단 변화이다. 그림에서 보여준 것처럼, 도로상황이 경사가 있는 경우에 기존의 자동변속 시스템의 변속단은 4단 또는 3단을 유지한다. 이것은 자동변속선도가 스톱들과 차속에 의해서만 변속단이 결정되기 때문에 경사가 있는 경우에 엔진 브레이크가 적용되지 않는다면 운전자는 차량의 속도를 감속시키기 위해 잦은 브레이크 조작을 하게 된다.

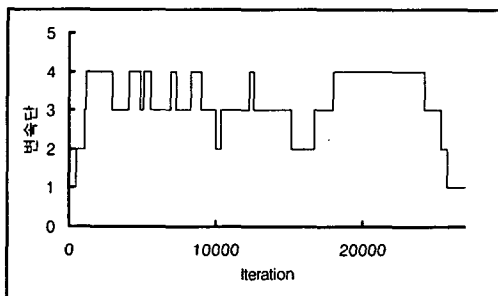


그림 10. 변속단(지능형 자동변속 시스템)

그림 10은 지능형 자동변속 시스템에 의해 결정된 변속단을 보여준다. 도로 상황이 경사가 있는 경우 기존의 자동변속 시스템에서 변속단이 4단은 3단으로 3단인 경우에는 2단으로 엔진브레이크가 적용된 것을 알 수 있다. 브레이크 이외에 엔진 브레이크에 의해 제동력을 확보함으로써 운전자에게 안전 운전을 제공한다.

엔진브레이크가 적용된 부분을 살펴보면 경사가 있는 상황에서 운전자가 스톱 조작을 거의 하지 않는다는 것은 운전자는 차량의 속도를 줄이려는 의지가 있다고 판단할 수 있다. 이때 일정한 계수에 의해 자동변속선도를 오른쪽으로 이동시킴으로써 빠른 저단 변속과 늦은 고단 변속을 보장한다. 기존의 자동변속기는 차속이 일정하면서 스톱 조작량이 작으면 변속단이 증가하였다.

III. 결론

본 논문에서는 운전자의 성향과 도로상황이 경사인 경우에 적절한 변속단을 결정하기 위해서 Hierarchical Neural Network 구조를 적용한 지능형 자동 변속 시스템을 제안하였다.

변속단을 최적으로 결정하기 위해서는 운전자의 운전성향과 도로 상황에 따라 여러 가지 복잡한 상황들을 종합적으로 판단해야 한다. 본 논문에서 제안한 구조는 이러한 판단 상황들을 여러 개의 모듈로 구성하여 전체적인 시스템 구조를 단순화하였고 학습시간에 있어서 효율성을 보여준다. 또한 자동변속선도의 시프트맵을 연속적으로 변화시키는 계수에 의해 모든 운전 상황에 따른 변속 패턴을 형성한다.

감사의 글 : 본 연구는 현대자동차에 의해 지원 받았습니다.

IV. 참고문헌

- [1] C. C. Lee, "Fuzzy logic in control systems: Fuzzy logic controller-Part I, II," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 20, no. 2, pp. 408-435, Mar./Apr. 1990.
- [2] I. Sakai, S. Sakaguchi, T. Haga, "Shift Scheduling Method of Automatic Transmission Vehicles with Application of Fuzzy Logic," *23rd FISITA Congress*, vol. 1, pp. 304-347, 1990.
- [3] Kumpati S. Narendra. K. Parthasarathy, "Identification and Control of Dynamic Systems Using Neural Networks," *IEEE Trans. Neural Networks*, pp. 4-27. vol. 1, no. 1, Mar 1990.
- [4] T. Poggio and F. Girosi, "Networks for approximation and learning," *Proc. IEEE*, vol. 78, no. 9, pp. 1481-1497, Sept. 1990.
- [5] R. K. Elsley, "A learning architecture for control based on Back-Propagation neural network," *Proc. of the IEEE Conf. on Neural Networks*, vol. 2, pp. 587-594. 1988.